

## **Aktuelle Entwicklung im Bereich der Bioaerosole und der Abluftreinigung**

Marcus Clauß, Jochen Hahne, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop,  
Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig

### **Kurzfassung**

Ob Bioaerosolemissionen aus der Tierhaltung negative Einflüsse auf die Gesundheit von Anwohnern im Umkreis von Tierhaltungsanlagen haben, bleibt weiterhin unklar. Aus Gründen der Vorsorge sind sie trotzdem bereits Bestandteil von Genehmigungsverfahren für Stallbaumaßnahmen. Das momentane konservative Vorgehen bei der Berechnung von potentiellen Immissionen mit Ausbreitungsmodellen führt, auch aufgrund fehlender Eingabeparameter, zur Vorhersage von überhöhten Werten. Vorsorglich können Abluftreinigungsanlagen Emissionen mindern. Diese Technik hat in der deutschen Tierhaltung in den letzten 10 Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen und verschiedene Systeme sind nunmehr nicht nur für Schweine, sondern auch für Geflügel erhältlich. Zertifizierte Anlagen gewährleisten eine Minderung der meisten luftgetragenen Mikroorganismen um mehr als 90 % bei Schweinen und um 70 % bis 90 % in der Masthähnchenhaltung.

### **Schlüsselwörter**

Tierhaltung, Bioaerosole, Abluftreinigung

## **Current trends in the field of bio-aerosols and exhaust air treatment**

Marcus Clauß, Jochen Hahne, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop,  
Thünen Institute of Agricultural Technology, Braunschweig

### **Abstract**

To date it is still unclear whether bio-aerosol emissions from animal husbandry have negative influences on the health of residents in the vicinity of animal houses. However, for reasons of precaution, they are already taken into account in approval procedures for the construction of animal houses. The present conservative procedure for the calculation of potential immissions with dispersal models results, also because of insufficient input parameters, in overestimated values. As part of protection measures emissions can be reduced by exhaust air treatment systems. This technique has become considerably more important in the last 10 years and different systems are now available not only for pigs but also for poultry. Certified systems provide reduction of the most airborne micro-organisms about more than 90 % for pig and 70 % to 90 % for broiler husbandry systems.

### **Keywords**

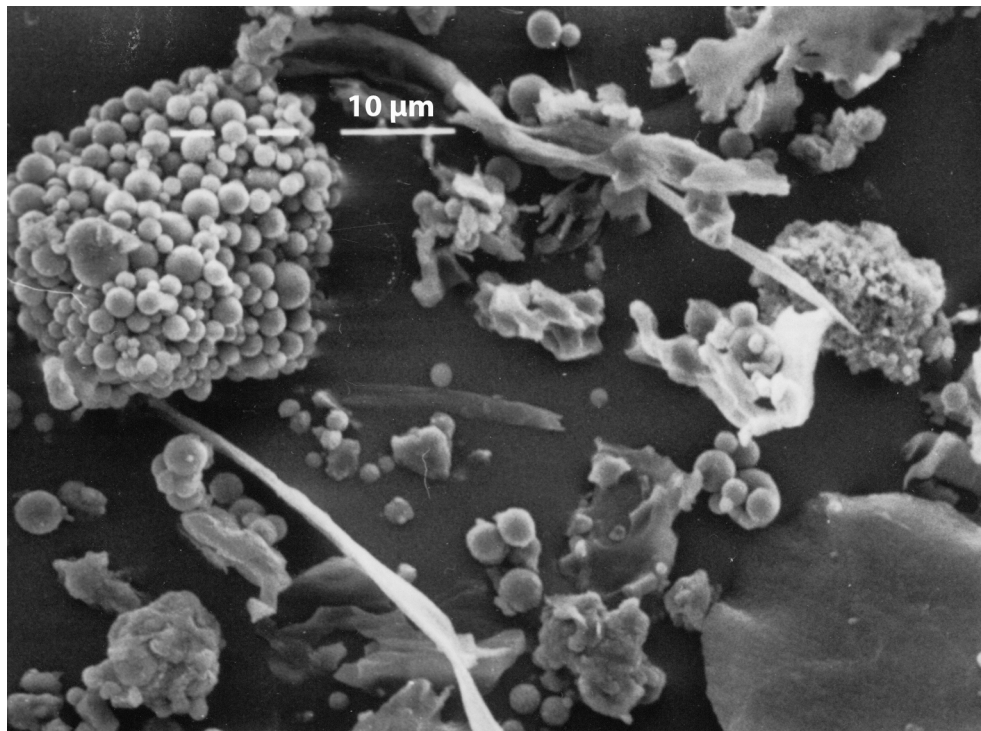
Livestock, bio-aerosols, exhaust air treatment

## **Bioaerosole**

Luftgetragene Stäube aus der Landwirtschaft bestehen meist zu über 90 % aus organischem Material. Diese Bioaerosole enthalten als umweltmedizinisch relevante Bestandteile große Mengen an Mikroorganismen, Toxine und Allergene. Es ist schon seit langem bekannt, dass die Inhalation dieser Stäube zu Atemwegserkrankungen führen kann. So empfahl bereits im Jahre 1555 Olaus Magnus, Erzbischof von Uppsala, den Dreschern, festgesetzten Staub mit Bier herunter zu spülen [1]. Im Jahre 2013 wurden 417 Atemwegserkrankungen und 699 Zoonosen von Arbeitern in der Landwirtschaft als Berufskrankheiten bei der Landwirtschaftlichen Unfallversicherung angezeigt [2]. In den letzten Jahren sind besonders die Bioaerosole aus der Nutztierhaltung zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit geraten, da in einigen Studien Tendenzen und Hinweise für mögliche negative Wirkungen auch auf die Gesundheit von Anwohnern im Umkreis von Tierhaltungsanlagen gefunden wurden [3 bis 5]. Die Zusammenhänge sind bisher jedoch nicht hinreichend untersucht und auch eine aktuelle Literaturstudie lieferte bisher keine klaren Ergebnisse [6].

Trotz der unsicheren Datenlage sind mittlerweile in vielen deutschen Bundesländern aus dem Prinzip der Vorsorge heraus auch Bioaerosole Gegenstand von Genehmigungsverfahren für Neu- oder Umbauten von Stallgebäuden. Dabei werden die im Umfeld zu erwartenden Immissionen von bestimmten luftgetragenen Mikroorganismen, die als „Anlagenspezifische Leitparameter“ bezeichnet werden [7], messtechnisch bestimmt [8] oder über Ausbreitungsmodelle berechnet [9], um diese dann unter umweltmedizinischen Gesichtspunkten zu bewerten [10]. Als besonders geeigneter Leitparameter hat sich die Gruppe der Staphylokokken herausgestellt. Diese Bakterien sind in der natürlichen Hintergrundkonzentration mit standardisierten Messverfahren aufgrund von deren unterer Bestimmungsgrenze (80 KBE/m<sup>3</sup>) i. d. R. kaum nachweisbar [10]. Typische Konzentrationen liegen in Deutschland zwischen 3 und 16 KBE/m<sup>3</sup> [11 bis 13]. Daher kann bei deutlich höheren Werten durchaus ein Anlageneinfluss angenommen werden. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass kurzfristige Messungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren meist nur eine Momentaufnahme der Immissionssituation vor Ort darstellen, welche stark vom Geschehen im Stall, meteorologischen Bedingungen und nicht zuletzt auch vom Zufall abhängig sein kann. Daher werden die zu erwartenden Jahresmittelwerte meist mit Ausbreitungsmodellen berechnet. Als Eingabeparameter dienen Emissionsfaktoren, welche durch möglichst repräsentative Messungen ermittelt werden sollten. Diese Emissionsfaktoren geben die gemittelte Anzahl Mikroorganismen pro Zeiteinheit an, bezogen auf den Tierplatz (TP). Dabei sollten diese ein auf das Jahr bezogenes repräsentatives Mittel der Emissionen darstellen, welches spezifisch für die Tierart und die Haltungsform und abhängig von den örtlichen meteorologischen Bedingungen ist, auch unter Berücksichtigung weiterer Variationen durch unterschiedliche Stallsysteme, Stallmanagement, Hygiene, Tieraktivität, Tieralter und Tiermasse. Dabei sind durchaus Unterschiede (Variationen) von ein bis zwei Zehnerpotenzen auch für dieselbe Haltungsform zu beobachten [11; 14]. Als Emissionsfaktoren wurden bisher häufig Werte aus der VDI 4255 Blatt 2 [15] eingesetzt, basierend auf den Untersuchungen von Seedorf et al. 1998 [16]. Diese Faktoren bezogen sich aufgrund der eingesetzten Sammelsysteme jedoch lediglich auf die Anzahl kultivierbarer mikroorganismen tragender Partikel. Auf einem solchen Partikel können jedoch hunderte einzeln kultivierbarer Zellen liegen [17; 18] (**Bild 1**), so dass

die Ergebnisse dieser Ausbreitungsrechnungen die vor Ort gemessenen Konzentrationen unterschätzen können [19].



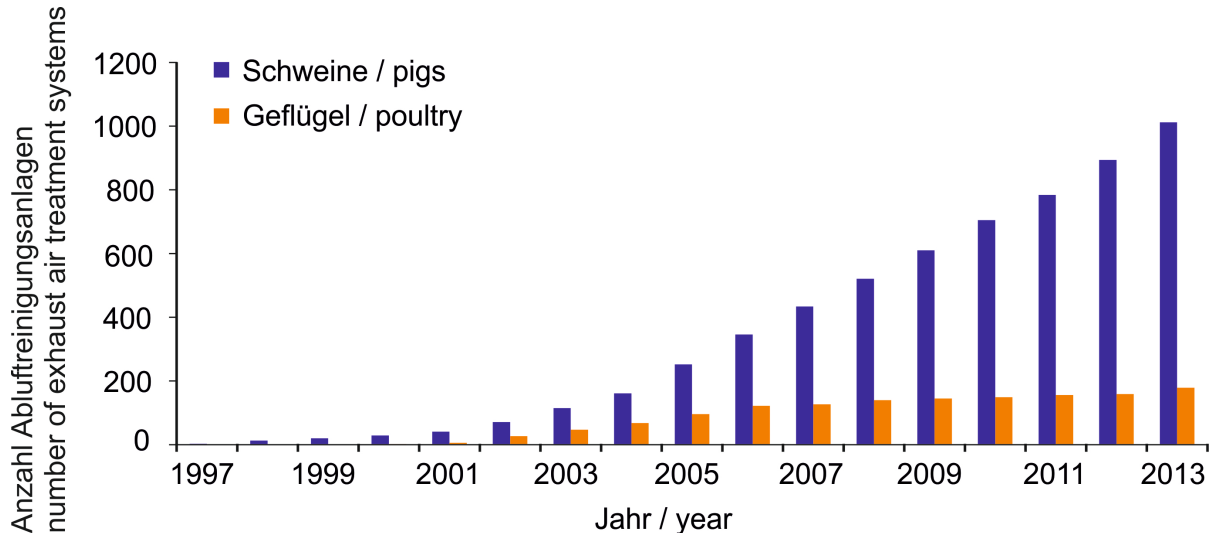
**Bild 1:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von aus der Luft eines Hühnerstalls gesammeltem Staub. Oben links: Bakterienaggregat zusammengesetzt aus mehreren hundert Einzelzellen.

**Figure 1:** Scanning electron microscope picture of dust collected in a chicken house. Top left: bacteria aggregate consisting of hundreds of single cells.

In der VDI 4255 Blatt 3 [20] wurden nun erstmals Konventionswerte für Emissionsfaktoren publiziert, die sich auf Mikroorganismen im Gesamtstaub beziehen. Daher liegen diese neuen Werte ca. 2 Zehnerpotenzen über den bisher verwendeten. Hinzu kommt, dass die Konventionswerte aus Messungen abgeleitet wurden, die nur tagsüber stattfanden. Aktuelle Untersuchungen aus dem Thünen-Institut für Agrartechnologie zeigen jedoch, dass die durchschnittlichen Konzentrationen tagsüber eine Zehnerpotenz über den Konzentrationen nachts liegen. Weiterhin kommt hinzu, dass in Ausbreitungsmodellen immer noch mit Partikelgrößen von unter 2,5 µm gerechnet wird, obwohl eine Vielzahl von Untersuchungen deutliche Hinweise geben, dass Mikroorganismen in der Nutztierhaltung primär in Partikelfractionen über 2,5 µm zu finden sind [21 bis 31]. Dieses konsequent konservative Vorgehen führt nun zur Vorhersage völlig überhöhter Konzentrationen im Umfeld der Stallanlagen. Erste Modellrechnungen zeigen, dass Bioaerosole damit in Genehmigungsverfahren von Tierhaltungsanlagen zukünftig zum kritischsten Parameter werden können. Für die Modelle fehlen zudem nach wie vor wichtige physikalische und mikrobiologische Eingabeparameter [19]. In Konsequenz führt dieses Vorgehen zur Forderung von unnötig großen Abständen zwischen Tierställen und Wohnbebauung. Alternativ können Abluftreinigungsanlagen Emissionen reduzieren.

## Abluftreinigungsanlagen

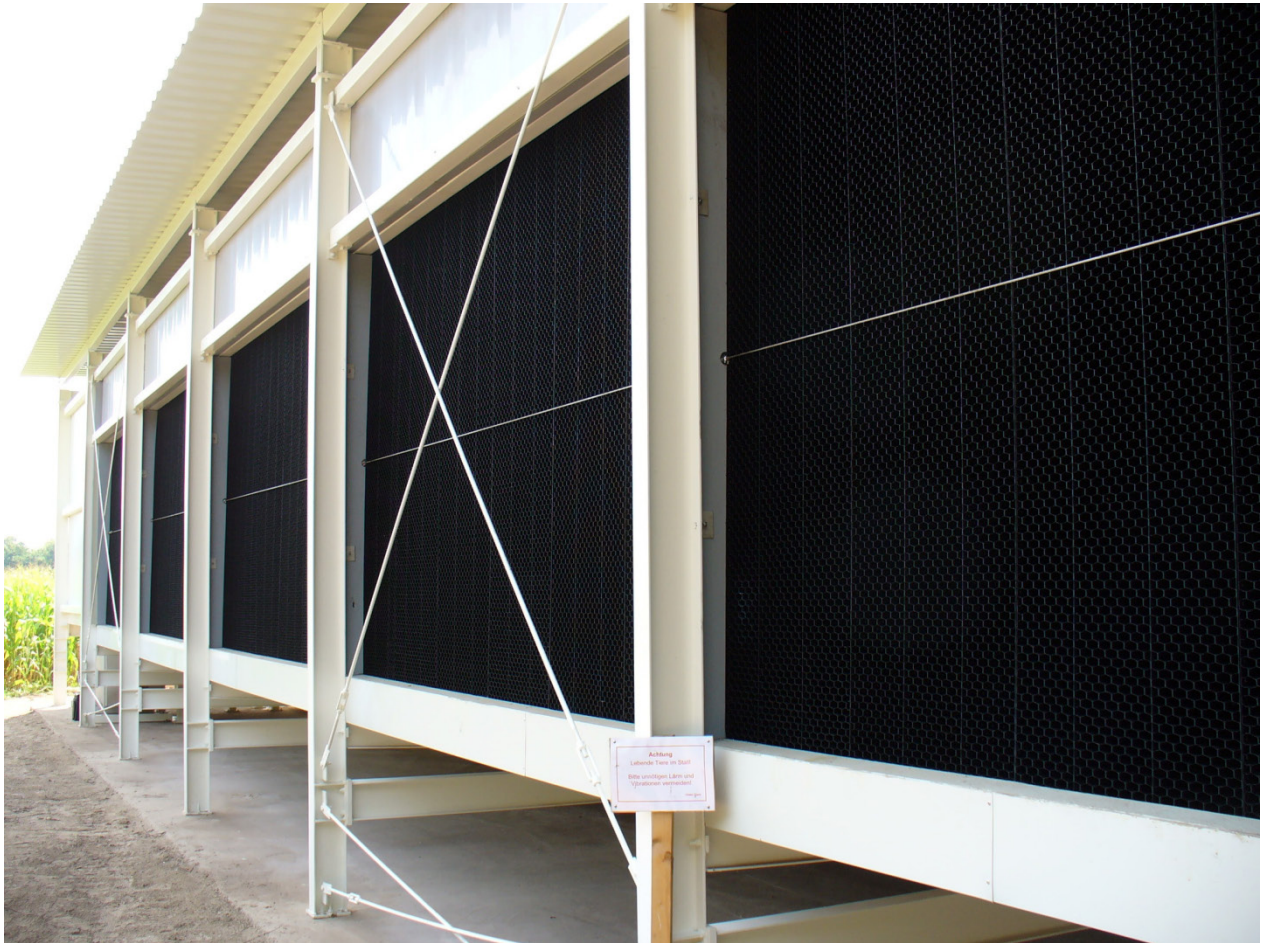
Die Abluftreinigung in der deutschen Tierhaltung hat in den letzten 10 Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen (**Bild 2**).



**Bild 2:** Anzahl Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung, kumulativ

**Figure 2:** Number of exhaust air treatment systems in animal keeping, cumulative

Dies betrifft vor allem den Bereich der Schweinehaltung, wo nach eigenen Umfragen bei Herstellern bis zum Jahr 2013 insgesamt 1012 Anlagen errichtet wurden. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um eignungsgeprüfte Anlagen nach DLG-Standard. Nähere Informationen zu den diversen Anlagentypen, ihren Reinigungsleistungen sowie zu den spezifischen Medienverbräuchen sind kostenlos unter <http://www.dlg.org/gebaeude.html#Abluft> abrufbar. Bezogen auf die Gesamtzahl der in Deutschland gehaltenen Schweine sind allerdings erst 2,7 % der Mastschweine, 1,4 % der Sauen und 2,7 % der Ferkel an Abluftreinigungsanlagen angeschlossen [32]. In Regionen mit intensiver Tierhaltung wie im Landkreis Cloppenburg sind es bereits 18 % des Schweinebestandes [33]. Für den Bereich der Geflügelhaltung zeigen die eigenen Erhebungen, dass die Entwicklung von Abluftreinigungstechniken mit erst 179 Anlagen (Stand 2013) noch am Anfang steht. Viele der Anlagen für die Geflügelhaltung wurden vor Einführung der DLG-Prüfung errichtet, so dass keine vergleichbar umfassenden Informationen über sie vorliegen. Bislang erfüllen zwei Anlagen für die Hähnchenmast die DLG-Anforderungen an die Ammoniak- und Staubabscheidung, eine allerdings nur für den Bereich der Kurzmast. Eine weitgehende Geruchsreduzierung, die gewährleistet, dass im Reingas der Anlage kein rohgastypischer Geruch mehr wahrgenommen wird, erfüllen die Anlagen jedoch nicht. Im laufenden Jahr werden drei weitere Anlagen verschiedener Hersteller für die Hähnchenmast anerkannt werden (**Bild 3**). Entsprechende Prüfberichte sind in Vorbereitung.



**Bild 3:** Blick auf den Tropfenabscheider einer Abluftreinigungsanlage für die Hähnchenmast  
**Figure 3:** View onto the droplet separator of an exhaust air treatment system for broilers

Anerkannte Abluftreinigungsverfahren in der Schweinehaltung reduzieren die Emissionen an mesophilen Bakterien um ca. 90 %, wie ein entsprechendes Verbundvorhaben mit Messungen an Praxisanlagen bestätigt [34]. Dieses Ergebnis ist auch nicht überraschend, denn Mikroorganismen sind in erheblichem Umfang an Partikeln adsorbiert, die durch die Abluftreinigungsanlage abgeschieden werden. Die Untersuchungen ergaben auch, dass die Anlagen selbst keine relevanten „Brutstätten“ für mesophile Bakterien darstellen. Da die DLG-Prüfung bislang keine mikrobiologischen Messungen zur Rückhaltung von Bioaerosolen umfasste, liegen auch nur erste orientierende Messungen, insbesondere von Anlagen für die Haltung von Masthähnchen vor. Sie ergaben Abscheidegrade zwischen 70 und 90 % und entsprachen damit den Werten, die auch für die Staubabscheidung ermittelt wurden. Wegen der hohen Volumenströme und den damit verbundenen kurzen Verweilzeiten werden Abluftreinigungsanlagen für Masthähnchen meist als einstufige Chemowäscher konzeptioniert, wobei mit sauren Waschwässern (pH-Werte von 3 bis 5) gearbeitet wird, um eine sichere Ammoniakabscheidung zu gewährleisten. In den sauren Waschlösungen können aber säuretolerante Pilze wachsen, sofern der Staub als „Nahrungs- und Nährstoffquelle“ nicht in einer vorgeschalteten Verfahrensstufe abgeschieden wird oder dem Waschwasser Fungizide zugesetzt werden.

Während für die Schweinehaltung eine Fülle von Verfahren verschiedener Hersteller zur Verfügung steht und ihre Wirksamkeit in Hinblick auf eine wirksame Emissionsminderung für Ammoniak, Staub, Keime und Geruch nachgewiesen ist, müssen für die Geflügelhaltung noch geeignete Verfahren, insbesondere für die Geruchsabscheidung, entwickelt werden.

Für einen weitergehenden Einsatz der Abluftreinigung müssen die Betriebskosten weiter reduziert werden. Über geeignete Verfahren der Zuluftkonditionierung kann der maximale Volumenstrom, auf den eine Abluftreinigungsanlage auszulegen ist, um bis zu 30 % reduziert werden [33]. Umfangreiche Untersuchungen zum Einsatz von Unterflur-Zuluftsystemen, Erdwärmetauschern und Kühlpads in der Mastschweinehaltung sowie deren Wirkungen auf Stallklima und Wirtschaftlichkeit zeigen die Vorteile der Verfahren - auch in Hinblick auf das Tierwohl [35]. Die Zuluftkonditionierung und auch die Reduzierung der Waschwassermenge und des Druckverlustes bieten Möglichkeiten, die Kosten für die Abluftreinigung wirksam und ohne Einbuße bei den Reinigungsleistungen zu reduzieren [36]. Während die Vertretbarkeit des Einsatzes von Abluftreinigungsverfahren für neue und große Tierhaltungen (mehr als 2.000 Mastschweine, 750 Sauen, 6.000 Ferkel) in den Filtererlassen der Bundesländer Niedersachsen [37], Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein als gegeben gilt, müssen für Anlagen mit geringerer Kapazität die Kosten noch gesenkt werden.

### **Zusammenfassung**

Bioaerosole aus der Nutztierhaltung werden in Genehmigungsverfahren auch weiterhin ein Thema bleiben, trotzdem sind noch viele Fragen offen. Dringenden Klärungsbedarf gibt es bezüglich der gesundheitlichen Wirkung von Bioaerosolen, der tatsächlichen Jahresmittel von Emissionen luftgetragener Mikroorganismen aus Tierhaltungen sowie der Partikelgrößenverteilung von Bioaerosolen als Eingabeparameter für Ausbreitungsmodelle. In jedem Fall bietet die Abluftreinigung eine sichere, weitgehende und prüfbare Option zur Emissionsminderung und wird auch in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Sie bietet der Tierhaltung weitere Entwicklungsmöglichkeiten für Neubauten bei gleichzeitig steigenden Auflagen an den Immissionsschutz. Allerdings müssen die zusätzlichen Kosten für den Umweltschutz von den Konsumenten über den Produktpreis getragen werden, um diese Technik in einem breiten Umfang einsetzen zu können.



## **Literatur**

- [1] Måsson, O.: De trituratione per hyemem. In: Olai Magni Gothi Historia de gentibus septentrionalibus. Liber XIII, De agricultura et humano victu (1555) Cap. VII, S. 435. Online verfügbar unter: <http://runeberg.org/img/olmagnus/0521.1.jpg>
- [2] Riethmüller, A.: Prävention von Erkrankungen der Atemwege durch Bioaerosols in der Landwirtschaft und damit verbundener Bereiche. B2-Seminar (2014), DGUV-Akademie Dresden.
- [3] Radon, K.: Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens – Niedersächsische Lungenstudie (NiLS). München: Klinikum der Universität München, 2004.
- [4] Hoopmann, M.; et al.: Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer Ländlichen Region (AABEL), Teilprojekt B des Untersuchungsprogramms „Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen aus der Intensivtierhaltung“, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2004.
- [5] Herr, C.; zur Nieden, A.; Jankofsky, M.; Stilanakis, N. I.; Bödeker, R. H.; Eickmann, T.: Effects of bioaerosol-polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occupational and Environmental Medicine* 60 (2003), S. 336 - 342.
- [6] Gerstner, D.; Walser, S.; Brenner, B.; Herr, C.: Entwicklung gesundheitsbasierter Ableitungswerte für Bioaerosole. *Gesundheitswesen* 76 - V75 (2014). DOI: 10.1055/s-0034-1371628
- [7] VDI 4250 Blatt 3: Bioaerosole und biologische Agenzien - Anlagenbezogene umweltmedizinisch relevante Messparameter und grundlegende Beurteilungswerte. Berlin: Beuth Verlag, 2014.
- [8] VDI 4251 Blatt 1: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen – Fahnenmessung. Berlin: Beuth Verlag, 2007.
- [9] VDI 4251 Blatt 3: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen. Berlin: Beuth Verlag, 2013.
- [10] VDI 4250 Blatt 1: Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen - Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen. Berlin: Beuth Verlag, 2014.
- [11] Blomberg, N.; Springorum, A. C.; Winter, T.; Hartung, J.; Hinz, T.; Öttl, D.; Rieger, M. A.: Beurteilung verschiedener Haltungssysteme für Legehennen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes: Belastungen durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen. Abschlussbericht, 2009.
- [12] Clauß, M.; Springorum, A. C.; Hartung, J.: Jahresverlauf der Hintergrundkonzentrationen verschiedener Gruppen luftgetragener Mikroorganismen in einem urbanen, einem Agrar- und einem Forstgebiet in Norddeutschland. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 73(2013) Nr. 9, S. 375 - 380.

- [13] Köllner, B.; Heller, D.: Bioaerosole im Umfeld von Schweinemastanlagen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 66 (2006) Nr. 9, S. 349 - 354.
- [14] Clauß, A. C.: Mikrobiologische Belastungen in alternativen Legehennenhaltungen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes. Dissertation an der Universität Witten/Herdecke, Fakultät für Gesundheit, 2014.
- [15] VDI 4255 Blatt 2: Bioaerosole und biologische Agenzien - Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Übersicht. Berlin: Beuth Verlag, 2009.
- [16] Seedorf, J.; Hartung, J.; Schröder, M.; Linkert, K.H.; Phillips, V.R.; Holden, M.R.; Sneath, R.W.; Short, J.L.; White, R.P.; Pedersen, S.; Takai, T.; Johnsen, J.O.; Metz, J.H.M.; Koerkamp, P.W.G.; Uenk, G.H.; Wathes, C.M.: Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research 70 (1998), S. 97 - 109.
- [17] Clauß, M.; Springorum, A. C.; Hartung, J.: Microscopic analysis of size, structure and amount of particulate bio-aerosols directly sampled from raw and clean gas of an exhaust air bio-washer in a pig fattening unit. Proceedings of the XVth International Congress of the International Society for Animal Hygiene, Vienna, Austria (2011) Nr. 2, S. 789 - 791.
- [18] Clauß, M.; Springorum, A. C.; Hartung, J.: Jahresverlauf der Hintergrundkonzentrationen verschiedener Gruppen luftgetragener Mikroorganismen in einem urbanen, einem Agrar- und einem Forstgebiet in Norddeutschland. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 73 (2013) Nr. 9, S. 375 - 380.
- [19] Springorum, A. C.; Schulz, J.; Lung, T.; Clauß, M.; Hartung, J.: Vorhersagbarkeit von Keimimmissionen im Umfeld von Nutztierhaltungen – ein Vergleich von Messungen mit den Prognosen von zwei Ausbreitungsmodellen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 74 (2014) Nr. 9, S. 384 - 390.
- [20] VDI 4255 Blatt 3: Bioaerosole und biologische Agenzien - Emissionsfaktoren für Geflügelhaltung. Berlin: Beuth, 2014.
- [21] Adell, E.; Moset, V.; Zhao, Y.; Cerisuelo, A.; Cambra-López, M.: Concentración de bacterias aerobias mesófilas y material particulado en el aire de granjas de broilers. AIDA, XIV Jornadas sobre Producción Animal, Tomo I (2011a), S. 82 - 84.
- [22] Adell, E.; Moset, V.; Zhao, Y.; Cerisuelo, A.; Cambra-López, M.: Concentración, distribución espacial y por tamaño de bacterias aerobias mesófilas en el aire de granjas de broilers. ITEA 107 (2011b) Nr. 2, S. 77 - 93.
- [23] Zheng, W.; Zhao, Y.; Xin, H.; Li, B.; Gates, R. S.; Zhang, Y.; Soupir M. L.: Concentrations and Size Distributions of Airborne Particulate Matter and Bacteria in an Experimental Aviary Laying-Hen Housing System. ASABE Annual International Meeting Paper, 2013.
- [24] Chai, T.; Zhao, Y.; Liu, H.; Liu, W.; Huang, Y.; Yin, M.; Li, W.: Studies on the concentration and aerodynamic diameters of microbiological aerosol in the poultry house. Chinese Journal of Veterinary Medicine 37 (2001) Nr. 3, S. 9 - 11. (auf Chinesisch).



- [25] Aarnink, A. J. A.; Roest, H. I. J.; Cambra-Lopez, M.; Zhao, Y.; Mosquera, J.; Ogink, N. W. M.: Emissions and concentrations of dust and pathogens from goat houses. In: Proceedings of the Ninth International Livestock Environment Symposium (ASABE), Valencia Spain (2012), S. 1 - 7.
- [26] Lenhart, S. W.; Olenchok, S. A.; Cole, E. C.: Viable sampling for airborne bacteria in a poultry processing plant. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 10 (1982) Nr. 4-5, S. 613 - 619.
- [27] Liu, J-W.; Ma, W-L.: Characteristics of microbial aerosol pollution in pig houses. *J. Animal Hus. Feed Sci.* 2 (2010) Nr. 6/7, S. 41 - 44.
- [28] Chinivasagam, H. N.; Blackall, P. J.: Investigation and application of methods for enumerating heterotrophs and *Escherichia coli* in the air within piggery sheds. *J. Appl. Microbiol.* 98 (2005) Nr. 5, S. 1137 - 1145.
- [29] Sowiak, M.; Bródka, K.; Buczyńska, A.; Cyprowski, M.; Kozajda, A.; Sobala, W.; Szadkowska-Stańczyk, I.: An assessment of potential exposure to bioaerosols among swine farm workers with particular reference to airborne microorganisms in the respirable fraction under various breeding conditions. *Aerobiologia* 28 (2011) Nr. 2, S. 121 - 133.
- [30] Siggers, J. L.; Kirychuk, S. P.; Lemay, S. P.; Willson, P. J.: Size distribution of particulate and associated endotoxin and bacteria in traditional swine barn rooms and rooms sprinkled with oil. *Journal of Agromedicine* 16 (2011) Nr. 4, S. 271 - 279.
- [31] Zhao, Y.: Effectiveness of multi-stage scrubbers in reducing emissions of air pollutants from pig houses. *Transactions of the ASABE* 54 (2011) Nr. 1, S. 285 - 293.
- [32] Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Poddey, E.; Freibauer, A.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Bauer, B.; Osterburg, B.: Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2012. Braun-schweig. Johann Heinrich von Thünen-Institut (2014). Thünen-Report 17.
- [33] N.N.: KTBL-Fachgespräch Emissionsminderung und Abluftreinigung. Hannover, 11. und 12. September 2014.
- [34] N.N.: Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von anerkannten Abluftreinigungsverfahren in der Nutztierhaltung (BioAluRein), Abschlussbericht unter [http://download.ble.de/07UM003/07UM003\\_BioAbluftRein\\_AB.pdf](http://download.ble.de/07UM003/07UM003_BioAbluftRein_AB.pdf), Zugriff am 12.01.2015.
- [35] Pertagol, J.: Untersuchung zu verschiedenen Zuluftführungs- und Kühlmöglichkeiten in Mastschweineställen. Dissertation Hohenheim, 2013.
- [36] Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Energieeffizienz in der Abluftreinigung (Schweinehaltung). Schriftenreihe, Heft 19/2014.
- [37] Niedersächsisches Ministerialblatt 63 (68). Jahrgang, Hannover, 14.8.2013: Durchführung immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsverfahren; Abluftreinigungsverfahren in Schweinehaltungsanlagen und Anlagen für Mastgeflügel sowie Bioaerosolproblematik in Schweine- und Geflügelhaltungsanlagen.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Clauß, Marcus; Hahne, Jochen; Munack, Axel; Vorlop, Klaus-Dieter: Aktuelle Entwicklung im Bereich der Bioaerosole und der Abluftreinigung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055078>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/214.html>